

# 고온기에 있어서 중조와 Vitamin 급여가 착유우의 산유량 및 유조성분 변화에 미치는 효과

오영균\* · 정찬성\*\* · 김도형\*\*\* · 설용주\*\*\* · 이상철\* · 이현정\* · 이성실\*\*\* · 김경훈\*  
농촌진흥청 국립축산과학원\*, 경기도 축산위생연구소\*\*, 경상대학교 낙농학과\*\*\*

## Effects of Sodium Bicarbonate and Vitamin Supplementation on Milk Production and Composition in Lactating Holstein Cows Under Heat Stress Condition

Yong-Kyoon Oh\*, Chan-Sung Joeng\*\*, Do-Hyeong Kim\*\*\*, Yong-Joo Seol\*\*\*, Sang-Cheol Lee\*,  
Hyun-Jeong Lee\*, Sung-Sil Lee\*\*\* and Kyoung-Hoon Kim\*  
National Institute of Animal Science, RDA\*, Gyeonggido Veterinary Service\*\*,  
College of Agriculture and Science, Gyeong Sang National University\*\*\*

### ABSTRACT

Sixteen multiparous lactating Holstein cows were used to compare effects of supplementing 1) no additive (Control), 2) 1.2% sodium bicarbonate (NaHCO<sub>3</sub>); 3) niacin (80 g/d), 4) vitamin A+E (140,000 IU + 1000 IU) on feed intake, milk production, milk composition and somatic cell counts during the summer months. Insofar as possible, treatment groups were balanced for lactation number and days in milk. Cows were fed a diet of 9.1 kg DM of concentrate and 10.2 kg DM of corn silage. Daily maximum air temperature in free stall barn was 35°C for 3 days of the pretreatment periods and decreased gradually up to 27°C during the treatment periods of 15days. Dry matter intake of corn silage was higher (p<0.05) for cows consuming NaHCO<sub>3</sub> than those not consuming NaHCO<sub>3</sub>. Daily milk production for niacin and vitamin A+E supplementations resulted in significant (p<0.001) increase in milk production from 3 day of trials than control and NaHCO<sub>3</sub>. Milk fat percentage tended (p=0.09) to increase and milk lactose percentage was increased significantly (p<0.001) for cows supplemented with NaHCO<sub>3</sub>, niacin and vitamin A+E. Milk protein percentages was higher significantly (p<0.05) with supplemental niacin and somatic cell counts was higher significantly (p<0.001) with supplemental vitamin A+E. These data strongly suggest that supplementation of NaHCO<sub>3</sub>, niacin or vitamin A+E should be increased for improving milk production and mammary gland health of dairy cows under heat stress.

(Key words : Dairy cows, Heat stress, NaHCO<sub>3</sub>, Niacin, Vitamin A+E)

### I . 서 론

우리나라에서 관측된 온도변화를 보면 지난 90년간 평균기온이 꾸준히 상승했고, 2020년에

는 1.2°C 상승할 것으로 예측되고 있다(The Government of the Republic of Korea, 2003). 또한 동아시아 몬순기후의 영향으로 여름은 고온 다습하고 4~6개월가량 고온의 영향을 받게 되

Corresponding author : K. H. Kim, National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-350, Korea  
Tel : 031-290-1656, Fax : 031-290-1794, E-mail : kh665@rda.go.kr

기 때문에 착유우의 고온스트레스를 줄이기 위한 영양학적 연구노력이 요구된다.

고온 스트레스는 유우의 체온과 유지에너지 요구량을 증가시키고, 건물섭취량과 유량을 감소시킨다(Coppock, 1978; NRC, 1987). 사료섭취량의 감소는 에너지, 호르몬, 전해질 등의 균형이 깨지면서 나타나는 유우의 반응현상으로 특히 반추위내 발효열을 증가시키는 조사료 섭취량이 감소하게 되며, 호흡률과 음수량의 증가는 사료섭취량을 더욱 저하시킨다(Mallonee 등, 1985). 조사료 섭취량 감소에 따른 급격한 반추위 pH 감소와 반추시간, 타액생산량 그리고 반추위액의 초산비율 감소와 산유량 감소는 일반적으로 반추위 완충제 급여에 의해 방지할 수 있기 때문에(Erdman 등, 1982) 고온기에도 급여 효과가 기대된다(Schneider 등, 1984).

Niacin 보충급여도 고온 스트레스에 의해서 나타나는 일반적인 현상인 건물섭취량 및 유생산 감소를 완화시키는 효과가 기대된다. Niacin은 에너지 대사 과정에서 조효소의 역할을 함으로서 지방분해나 케토시스의 발생을 막아주며, 혈관확장을 유도하여 체온을 조절해줌으로서 비유초기의 에너지 불균형을 완화시키기 때문에 산유량이 증가하며(Dufva 등, 1983; Erickson 등, 1992) 반추위 미생물 단백질 합성량 증가에 의한 유단백질 증가(Riddell 등, 1981)와 유지방 개선효과(Muller 등, 1986)도 보고되어 있다. Vitamin A와 E 보충급여가 산유량과 유조성분에 미치는 고온 스트레스의 영향을 직접적으로 완화시키지는 아직 분명하지 않다. 그러나 Vitamin A와 E의 보충급여가 비유 전후기의 유방염의 발생율을 감소시켰다는 Michal 등(1994)과 Smith 등(1997)의 실험결과와 산유량 증가를 보여준 Oldham 등(1991)의 결과는 고온환경에서 효과를 기대해 볼 수 있을 것으로 보인다.

따라서 본 실험에서는 고온스트레스 완화와 직·간접으로 관련이 있는 미량물질을 선발하고 첨가수준을 결정하기 위해 중조, niacin, vitamin A+E를 실험사료에 보충 급여하여 사료섭취량, 유생산 그리고 유조성분을 비교하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시축과 시험구 배치

본 실험은 수원의 축산과학원 유우사에서 7월 초부터 8월 말까지의 고온기에 수행하였다. 비유기와 산차가 다른 Holstein 경산우(평균체중 572kg) 16두를 공시사료인 배합사료와 옥수수 사일리지에 25일간 적응시킨 후, 마지막 8일간의 유생산량을 기초로 하여, 비유기와 산차의 균형이 최대한 맞도록 4군에 4두씩 배치하였다. 그 후 10일간의 군 적응기간을 지나서 본 실험을 시작하였다. 군 적응기간과 본 실험 15일간은 프리스틀 우사 내에서만 공시축을 관리하였다.

### 2. 시험설계 및 시험사료

처리는 무첨가구, 중조 첨가구(Sodium bicarbonate, 234 g/d), niacin 첨가구(Niacin, 30 g/d), vitamin A+E 첨가구(140,000 IU + 1000 IU)의 4처리를 임의배치 하였으며, 첨가제는 오전 사료급여시 농후사료와 섞어 1회 전량 급여하였다. 사료는 풍건물 기준으로 배합사료 10 kg와 옥수수 사일리지 40 kg(건물 9.1 kg와 10.2 kg)를 1일 1두당 오전 07:00시와 오후 17:00에 2회 균등 분할 급여하였다. 배합사료의 구성과 배합율은 Table 1과 같으며, 조단백질과 조섬유 함량은 각각 23.4%와 5.3%이었다. 옥수수 사일리지의 조단백질 함량은 6.3%이었고, NDF와 ADF 함량은 각각 63.7%와 32.9%이었다. 총 급여사료 중에는 조단백질 14.4%, 조섬유 16.3%가 함유되어 있었다.

### 3. 사양관리 및 조사항목

시험축 관리의 편의상 사료 잔량은 매일 오후에 측정하였고, 공시사료 및 잔량의 일반성분은 AOAC(1990)법에 의하여 분석하였다. 물은 자유로이 음수할 수 있도록 하였고, 축사 내 온도는 자동 기록 온도계를 설치하여 24시간의 온도변화를 기록하였다. 착유는 1일 2회

Table 1. Percentage of ingredients of the experimental concentrate diets

Ingredient	% DM
Corn	38.0
Wheat bran	19.0
Soybean meal	15.0
Fish meal	1.0
Rapeseed meal	5.4
Corn germ meal	8.0
Corn gluten meal	8.0
Sodium bicarbonate	0.3
Molasses	4.0
Calcium phosphate	0.3
Salt	0.4
Mineral premix <sup>1)</sup>	0.6

<sup>1)</sup> Contained 0.17% BHT, 0.007% I, 0.074% Mn, 0.073% Zn, 0.22% Fe, 0.037% Cu, 0.007% Co, 1.7% P, 5.3% Ca, 0.5% Na, 0.005% K, 0.01% Mg, 3.3% Zinc-methionin, 566,000 IU Vitamin A/kg, 210 IU Vitamin E/kg, 113200 IU Vitamin D<sub>3</sub>/kg.

(07:00와 17:00) 실시하였으며, 1일 산유량은 처리 전 3일과 처리 후 15일간 매일 기록하였으며, 우유 조성분은 3일 간격의 평균값으로 나타내었다. 유지방, 유단백, 유당 그리고 체세포수는 Milkoscan 4,000 series (FOSS Electric Co.)를 이용하여 측정하였다.

#### 4. 통계 분석

본 실험에서 얻어진 결과에 대한 통계분석은 SAS package program (2002)의 General Linear Model을 이용하였으며, 처리 전 3일간의 유량 및 유조성분 결과와 처리 후 15일간의 결과가 분산분석상에 통계적인 유의차가 인정되어 처리군 간의 효과 비교를 위해서 처리 전 평균 결과와 처리 후 평균 결과의 차이(differences)를 산출하였고, 이들 차이값에 대한 통계분석은 Duncan's multiple range test로 실시하였다 (p<0.05).

### III. 결과 및 고찰

본 실험 15일간의 우사 내 1일 중 최고온도의 변화를 보면 처리 전 3일간은 35℃이었으나 조금씩 내려가 실험 마지막 3일간은 27℃였다 (Fig. 1). 최저 온도는 20℃를 상회하였지만, 본 실험기간의 온도는 최고온기를 지나서 온도가 조금씩 낮아지는 시기임을 알 수 있었다. 본 실험기간 중 모든 처리구에서 농후사료는 전량 (9.1 kg DM) 섭취되었고 옥수수 사일리지 섭취량도 모든 시험구에서 본 실험 동안 꾸준히 상승하였다 (Fig. 2). 고온스트레스에 의해 가장 먼저 나타나는 현상은 조사료섭취량의 감소이다. 그러나 본 실험 동안에 옥수수 사일리지 섭취량이 대조구를 포함한 모든 시험구에서 증가한 것으로 보아서는 온도 저하에 의한 섭취량의 회복현상이 나타난 것으로 판단된다. 이상과 같은 실험조건에서 중조구의 옥수수 사일리지 건물섭취량 증가는 대조구, Niacin 그리고 Vitamin A+E구보다 유의성 (p<0.05) 있게 높았다 (Table 2).

각 처리에 따른 실험기간 중 산유량, 유조성분 및 체세포수의 변화는 Fig. 2에 그리고 처리 전·후의 차이는 Table 2에 나타내었다. 고온스트레스에 의한 유량 감소는 대조구를 포함한 모든 처리구에서 확인되었지만, niacin과 vitamin A+E구의 산유량은 처리 3일 후 회복되기 시작하여 처리 전 수준까지 유량이 증가하였고, 대조구 및 중조구 산유량과는 유의적인 차이 (p<0.0001)를 보였다. 유지방 함량 (%)은 중조, niacin 그리고 vitamin A+E 처리에 의해 증가하는 경향 (p=0.09)을 보였고, 유당함량은 중조,

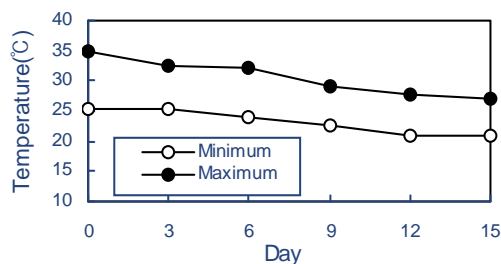


Fig. 1. Change in the daily mean maximum and minimum air temperature per 3 days in free stall barn.

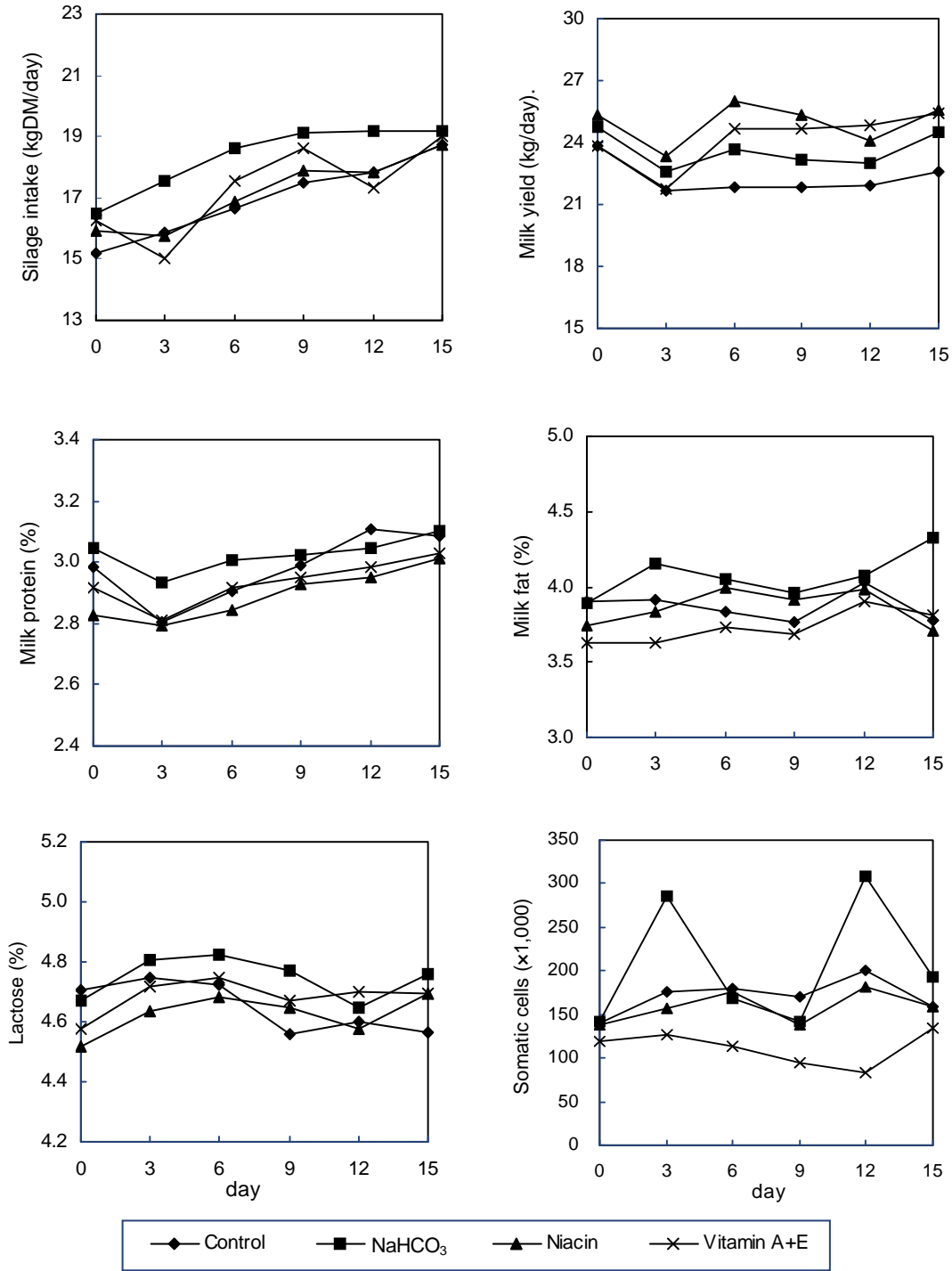


Fig. 2. Changes in silage intake, milk yield, milk compositions and somatic cells from cows supplemented with NaHCO<sub>3</sub>, niacin and vitamin A+E.

Table 2. Silage intake, milk yield, composition and somatic cells for cows supplemented with Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, niacin and vitamin A+E

		Control	NaHCO <sub>3</sub>	Niacin	Vitamin A+E	P values
Silage intake (DM/d)		8.0 <sup>b</sup>	9.2 <sup>a</sup>	7.8 <sup>b</sup>	8.4 <sup>b</sup>	0.0311
Milk yield (kg/d)	pretreatment	23.8	26.7	25.4	23.9	
	treatment	22.0	23.4	24.9	24.2	
	differences	-1.84 <sup>b</sup>	-3.31 <sup>a</sup>	-0.51 <sup>c</sup>	0.31 <sup>c</sup>	0.0001
Milk fat (%)	pretreatment	3.99	3.89	3.73	3.57	
	treatment	3.86	4.11	3.88	3.74	
	differences	-0.11 <sup>a</sup>	0.23 <sup>b</sup>	0.15 <sup>b</sup>	0.16 <sup>b</sup>	0.0847
Milk protein (%)	pretreatment	2.98	3.05	2.83	2.92	
	treatment	2.97	3.02	2.91	2.94	
	differences	-0.01 <sup>a</sup>	-0.03 <sup>a</sup>	0.08 <sup>b</sup>	0.02 <sup>ab</sup>	0.0225
lactose (%)	pretreatment	4.71	4.67	4.52	4.57	
	treatment	4.64	4.76	4.64	4.71	
	differences	-0.07 <sup>a</sup>	0.09 <sup>b</sup>	0.13 <sup>b</sup>	0.14 <sup>b</sup>	0.0002
Somatic cell (× 1000)	pretreatment	140.1	139.8	150.6	119.8	
	treatment	178.5	213.7	162.0	109.5	
	differences	45.7 <sup>bc</sup>	71.1 <sup>c</sup>	10.9 <sup>ab</sup>	-9.1 <sup>a</sup>	0.0005

<sup>a,b,c</sup>: Means in the same row with different superscripts differ ( $P < 0.05$ ).

niacin 그리고 vitamin A+E 처리에 의해 효과적으로 회복 ( $p < 0.001$ )되는 것으로 나타났다. 유단백 함량은 niacin 처리에서만 유의성있는 효과 ( $p < 0.05$ )가 확인되었고, 체세포수에서는 vitamin A+E에서만 유의성있는 효과 ( $p < 0.001$ )가 확인되었다. 이상의 결과를 종합해 보면, 고온 스트레스 조건에서 산유량과 유조성분의 회복 그리고 체세포수 감소 효과는 vitamin A+E 처리구에서 모두 확인되었고, niacin은 산유량과 유조성분의 회복 효과를, 중조는 유조성분과 옥수수 사일리지 섭취량의 회복효과를 보였다.

젖소의 최적 생산온도는 5~20°C의 범위이며 25°C 이상의 환경온도에서는 사료섭취량 및 소화율의 변화와 함께 산유량의 감소가 나타난다 (NRC, 1987; Kadzere 등, 2002). 특히 고온환경 조건에서 체온 유지를 위한 체표면에서의 열발산, 발한작용, 호흡률 상승 등은 유지를 위한 에너지 요구량을 높이고 신진대사의 촉진과 체열증가로 이어진다. 따라서 고온환경에서 젖소

는 반추위 발효열을 줄이기 위해 조사료 섭취량을 감소시키지만 (West, 2003), 조사료섭취량의 감소에 의한 반추위 기능의 장애 및 유지방의 감소의 부작용도 초래하게 된다. 따라서 완충제의 일반적인 기대효과 (Erdman 등, 1980; Kilmer 등, 1981)와 같이 고온환경에서도 반추위 발효 안정화를 돕고 조사료섭취량을 증가시키며, 반추위 pH와 acetate의 비율을 상승시켜 산유량과 유지방 생산을 높이는 효과적인 방법이 될 것이다 (Escobosa 등, 1984; Schneider 등, 1984). 본 실험에서도 중조구는 시험시작 9일째부터 사일리지 1일 건물급여량 (10.2 kg)을 전량 섭취하였고, 대조구와 비교하여 유지방 함량도 높았다.

Niacin은 유우의 반추위에서 합성되는 량만으로도 요구량을 충족시킬 수 있지만 비유초기의 고능력우에 있어서는 niacin 보충급여에 의한 유생산량 및 유단백 증가 효과가 뚜렷하다 (Riddell 등, 1981; Jaster 등, 1983). 비유초기는

건물섭취량 감소와 유생산량 증가로 에너지 불균형이 발생하기 때문에 에너지 공급을 위해 체지방이 분해되고 혈중 케톤체도 증가하여 대사성장애가 발생하기 쉽다. 이 시기에 niacin을 보충급여하면 혈중 케톤체와 nonesterified fatty acids 농도가 감소하고 혈중 glucose는 증가하는 효과가 있어서 유량이 증가(Dufva 등, 1983; Jaster와 Ward, 1990; Erickson 등, 1992)하며, 반추미생물 단백질 합성을 촉진시켜서 유단백질이 증가(Riddell 등, 1981)한다. Niacin 보충급여에 의한 유지지방함량 증가(Riddell 등, 1981; Jaster 등, 1983)도 보고되어 있다. 고온환경에서 가장 먼저 나타나는 사료섭취량 감소 역시 착유우의 에너지 불균형을 초래하게 되고, 조사료 섭취량 감소는 유지지방을 감소시킨다. 따라서 고온기에도 niacin의 효과가 기대되며, 본 실험에서도 유생산, 유지지방 그리고 유당함량이 대조구와 비교하여 증가하였고, 고온조건에서 niacin을 보충급여한 Muller 등(1986)의 실험에서도 유지지방 함량이 증가하였다. Niacin은 또한 혈관확장을 촉진시키는 기능이 있어서 고온기에 가슴 심부의 온도를 피부쪽으로 전달하여 체열 발산을 돕는다면 고온 스트레스를 효과적으로 줄일 수 있을 것이다. Costanzo 등(1997)은 고온기에 17일 간격으로 1일 niacin 급여량을 증가(12 g, 24 g, 36 g)시킨 결과, 직장온도의 변화는 없었으나, 12g 첨가구에서 피부온도가 감소하였다.

Vitamin A 보충급여가 산유량, 유조성분 그리고 지방염에 미치는 고온 스트레스의 영향을 직접적으로 완화시키지는 분명치 않다. Oldham 등(1991)은 vitamin A를 NRC 요구량(1987)인 50,000 IU를 함유한 대조구 사료에 170,000 IU를 보충하였지만 지방염 감소 효과는 없었지만 산유량은 35 kg에서 40 kg로 증가하였다고 하였고, 이와 반대로 대조구인 NRC 요구량(1987)에 120,000 IU를 보충급여 한 Michal 등(1994)의 실험에서는 지방염 감소효과는 있지만 산유량 변화는 없었다. 이들 실험결과에서 보여준 NRC 요구량(1987) 75 IU/kg BW(사료중 함유량과 보충급여량의 합)는 적정치 않다는 것을 보여주고 있고, 사료 중  $\beta$ -carotene

함량의 변이가 매우 크기 때문에 NRC(2001)에서는 110 IU/kg BW의 보충급여량만을 제시하고 있다. Vitamin E 보충급여는 지방염 저감 효과가 있다. Weiss 등(1997)은 분만 전후의 유우에게 저장 조사료를 급여하는 경우, NRC(1989) 권장 수준인 150~300 IU에 1000 IU 이상의 보충급여를, 그리고 Smith 등(1997)은 500~1000 IU의 보충급여를 권장하고 있다. Vitamin E 또한 사료중 함량 변이가 매우 크기 때문에 NRC(2001)은 조사료 종류 등에 따라 보충급여량을 변화시켜야 한다고 하면서 일반적인 사료조건에서 총량으로 2.6 IU/kg BW를 권장하고 있다. 이상의 연구결과를 기초로 하여 vitamin A와 E를 함께 급여한 본 실험은 고온환경에서 체세포수의 현저한 감소는 물론 산유량도 증가하는 결과를 보여주었다. 반추가축에 있어서 675,000 IU의 높은 수준의 비타민 A는 비타민 E의 이용성을 저하시켜서 혈중 tocopherol 수준이 유의성있게 낮아지거나, 우유중 항산화제의 역할이 감소하지만 250,000 IU까지의 비타민 A는 문제가 없다고 한 Gerald 등(1995) 총설에 기초하여 판단할 때, 본 실험에서의 비타민 A+E구에서 비타민 A는 총량으로 약 250,000 IU로서 최대 허용치를 급여하고 있다.

미국과 캐나다에서 조사된 자료에 의하면, 착유우의 Vitamin A와 E의 실제 보충급여량은 약 158,000 IU와 590 IU이었고, 이 수준은 NRC(1989)의 총권장량보다 약 2배가 높다(Weiss, 1998). 사료에 함유된  $\beta$ -carotene과  $\alpha$ -tocopherol 함량을 고려하면 착유우가 섭취하는 vitamin A와 E의 양은 최소 4배 이상이 될 것이다. 본 실험에서의 기초사료인 배합사료와 옥수수 사일리지에 함유된 vitamin A와 E의 총량은 각각 약 150,000 IU, 880 IU 이었고, 이들 함량은 NRC(1989)에서 권장되고 있는 수준(각각 100,000-125,000 IU와 500-1000 mg)을 이미 충족하고 있었으나 NRC(2001)에서 제시하는 각각의 보충급여 수준인 140,000 IU와 1000 IU를 급여한 것이고, 고온기 스트레스 완화를 위해서는 본 실험 수준의 보충급여가 필요하다고 판단된다.

#### IV. 요약

본 실험은 Holstein 경산우 (평균체중 572 kg) 16두를 공시하여 고온 환경 조건에서 1일 배합 사료 건물 9.1 kg와 옥수수 사일리지 건물 10.2 kg를 급여하면서 1) 대조구, 2) 중조(Sodium bicarbonate, 234 g/d), 3) niacin (30 g/d), 4) vitamin A+E (140,000 IU + 1000 IU) 보충급여가 사료섭취량, 산유량, 유조성분 그리고 체세포수 변화에 미치는 효과를 조사하였다. 우사 내 1일 최고온도는 처리 전 3일간 평균 35°C이었으나 처리 후 15일간 조금씩 낮아졌고 실험 마지막 3일간은 평균 27°C이었다. 중조 첨가구의 옥수수 사일리지 건물섭취량 증가는 대조구는 물론 niacin과 vitamin A+E 처리보다 유의성 ( $p < 0.05$ ) 있게 높았다. 고온 스트레스에 의한 유량 감소는 대조구를 포함한 모든 처리구에서 확인되었지만, niacin과 vitamin A+E구의 산유량은 처리 3일 후 회복되기 시작하여 처리 전 수준까지 유량이 증가하였고, 대조구 및 중조구와 유의적인 차이 ( $p < 0.0001$ )를 보였다. 유지방 함량 (%)은 중조, niacin 그리고 vitamin A+E 처리에 의해 증가하는 경향 ( $p = 0.09$ )을 보였고, 유당함량은 중조, niacin 그리고 vitamin A+E 처리에 의해 효과적으로 회복 ( $p < 0.001$ )되는 것으로 나타났다. 유단백 함량은 niacin 처리에서만 유의성 있는 효과 ( $p < 0.05$ )가 확인되었고, 체세포수에서는 vitamin A+E에서만 유의성 있는 효과 ( $p < 0.001$ )가 확인되었다. 이상의 결과를 종합해 보면, 고온 스트레스 조건에서 산유량과 유조성분의 회복 그리고 체세포수 감소 효과를 위해서 중조, niacin, 비타민 A와 E를 본 실험수준으로 보충급여할 필요가 있다고 판단된다.

#### V. 인용 문헌

1. A. O. A. C. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.
2. Coppock, C. E. 1978. Feeding energy to dairy cattle. In: Coppock, C. E.(Ed.), Large Dairy Management. University Presses of Florida, Gainesville, pp. 265-268.
3. Costanzo, A. D., Spain, J. N. and Spiers, D. E. 1997. Supplementation of nicotinic acid for lactating cows under heat stress conditions. J. Dairy Sci. 80:1200-1206.
4. Dufva, G. S., Bartley, E. E., Dayton, A. D. and Riddell, D. O. 1983. Effect of niacin supplementation on milk production and ketosis of dairy cattle. J. Dairy Sci. 66:2329-2336.
5. Erdman, R. A., Hemken, R. W. and Bull, L. S. 1980. Effects of dietary calcium and sodium on potassium requirements for lactating dairy cows. J. Dairy. Sci. 63:538.
6. Erdman, R. A., Hemken, R. W. and Bull, L. S. 1982. Dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide for early postpartum lactating dairy cows: effects on production, acid-base metabolism, and digestion. J. Dairy Sci. 65:712-731.
7. Erickson, P. S., Murphy, M. R. and Clark, J. H. 1992. Supplementation of dairy cow diets with calcium silts of long-chain fatty acids and nicotinic acid in early lactation. J. Dairy Sci. 75: 1078-1089.
8. Escobosa, A., Coppock, C. E., Rowe Jr, L. D., Jenkins, W. L. and Gates, C. E. 1984. Effects of dietary sodium bicarbonate and calcium chloride in physiology responses of lactating dairy cows in hot ewather. J. Dairy Sci. 67:574.
9. Gerald, T. S., Roeder, R. A., Garber, M. J. and Pumfrey, W. M. 1995. Bioavailability and interaction of vitamin A and vitamin E in ruminants. J. Nutr. 125:1799S-1803S.
10. Jaster, E. H., Hartnell, G. F. and Hutjens, M. F. 1983. Feeding supplemental niacin for milk production in six dairy herds. J. Dairy Sci. 66: 1046-1051.
11. Jaster, E. H. and Ward, N. E. 1990. supplemental nicotinic acid or nicotinamide for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 73:2880-2887.
12. Kadzere, C. T., Murphy, M. R., Silanikove, N. and Maltz, E. 2002. Heat stress in lactation dairy cows: a review. Livestock Production Science

- 77:59-91.
13. Kilmer, L. H., Muller, L. D. and Synder, T. J. 1981. Addition of sodium bicarbonate to rations of postpartum dairy cows: physiology and metabolic effects. *J. Dairy Sci.* 64:2357.
  14. Mallonee, P. G., Beede, D. K., Collier, R. J. and Wilcox, C. J. 1985. Production and physiological responses of dairy cows to varying dietary potassium during heat stress. *J. Dairy Sci.* 68: 1479-1487.
  15. Michal, J. J., Heirman, L. R., Wong, T. S., Chew, B. P., Frigg, M. and Volker, L. 1994. Modulatory effects of dietary  $\beta$ -carotene on blood and mammary leukocyte function in periparturient dairy cows. *J. Dairy cows.* 77:1408-1421.
  16. Muller, L. D., Heinrichs, A. J., Copper, J. B. and Atkin, Y. H. 1986. Supplemental niacin for lactating cows during summer feeding. *J. Dairy Sci.* 69:1416-1420.
  17. NRC. 1987. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 5th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, D.C
  18. NRC. 1989, Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, D.C.
  19. NRC. 2001, Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, D.C.
  20. Oldham, E. R., Eberhart, R. J. and Muller, L. D. 1991. Effects of supplemental vitamin A or  $\beta$ -carotene during the dry period and early lactation on udder health. *J. Dairy Sci.* 74:3775-3781.
  21. Riddell, D. O., Bartley, E. E. and Dayton, A. D. 1981. Effect of nicotinic acid on microbial protein synthesis *in vitro* and on dairy cattle growth and milk production. *J. Dairy Sci.* 64:782.
  22. SAS User's Guide: Statistics, Version 9.1 Edition. 2002. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
  23. Schneider, P. L., Beede, D. K., Wilcox, C. J. and Collier, R. J. 1984. Influence of dietary sodium and potassium bicarbonate and total potassium on heat stressed lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67:2546-2553.
  24. Smith, K. L., Hogan, J. S. and Weiss, W. P. 1997. Dietary vitamin E and selenium affect mastitis and milk quality. *J. Anim. Sci.* 75: 1659-1665.
  25. The Government of the Republic of Korea. 2003. Second National Communication of the Republic of Korea Under the United Nations Framework Convention on Climate Change. <http://www.keei.re.kr>
  26. West. J. W. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86:2131-2144.
  27. Weiss, W. P., Hogan, J. S., Todhunter, D. A. and Smith, K. L. 1997. Effect of vitamin E supplementation of selenium on mammary gland health of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:1728-1737.
  28. Weiss, W. P. 1998. Requirements of fat-soluble vitamins for dairy cows: A review. *J. Dairy Sci.* 81:2493-2501.
- (접수일자 : 2008. 2. 26. / 수정일자 : 2008. 8. 6. / 채택일자 : 2008. 10. 22.)